

FICHE D'ESSAI N° 8**INFLUENCE DU MODE DE GESTION
DU SOL SUR LA QUALITE
DE L'HUILE ESSENTIELLE DE GERANIUM ROSAT****I- BUT**

L'huile essentielle de "géranium Bourbon" est mondialement réputée pour sa qualité (DEMARNE, 1992).

Mais dans les Hauts sous le vent, voués depuis un siècle à cette production, l'équilibre écologique a été rompu par des contraintes socio-économiques (MICHELLON, BRIDIER, 1988 ; MICHELLON, 1992).

Faute de terre, les agriculteurs n'ont plus pratiqué la jachère arborée qui restaurait la fertilité du sol. La production se dégrade sous l'effet de l'érosion, de la prolifération des mauvaises herbes et des maladies, ... malgré l'augmentation des intrants : fumier et engrais minéraux, herbicides, pesticides, ...

Grâce aux outils biologiques, et en particulier à des couvertures herbacées permanentes associées aux cultures, il est possible de reconstruire des systèmes agricoles durables sous les tropiques (MONEGAT, 1991 ; SEGUY, 1993).

Dans les Hauts de la Réunion, le CIRAD et ses partenaires ont élaboré des modes de gestion des sols et des cultures qui assurent (MICHELLON, PERRET, 1994) :

- une protection totale des sols contre l'érosion avec conservation de l'eau, restauration de la fertilité et stabilité vis-à-vis des catastrophes climatiques (cyclones),
- une productivité accrue du géranium en terme de rendement en huile essentielle par ha avec les couvertures de légumineuses, tandis que l'association avec les graminées telles que le kikuyu conduit parfois à une réduction de ce rendement (concurrence estivale difficile à maîtriser),
- une moindre pénibilité du travail et une économie de main-d'oeuvre.

A moyen terme (moins de 5 ans), l'ensemble des propriétés biologiques, physiques et chimiques du sol sont améliorées (MICHELLON, PERRET, ANSELLEM, 1994).

Lors des nombreuses visites des parcelles expérimentales, la plupart des personnes averties (agriculteurs, professionnels, chercheurs, ...) notent une amélioration concomitante de l'odeur dégagée par les plantes, ou des modifications selon ces modes de gestion.

Ces appréciations peuvent être qualifiées de subjectives, mais l'influence du facteur édaphique sur la composition de l'huile essentielle du géranium rosat est bien établie (SALOMON-AUMONT, 1980).

Il importe donc d'étudier les répercussions de ces innovations sur la qualité du produit commercialisé.

Des analyses chromatographiques ont été réalisées sur des échantillons d'huile essentielle obtenue par entraînement à la vapeur d'eau :

- par l'agriculteur, dans un alambic en acier inoxydable, chargé d'environ 300 kg de matière végétale,
- ou au laboratoire, avec une méthode "plus douce" dans un alambic en verre contenant 700 g de feuilles.

Des tests préliminaires ont aussi été réalisés sur des échantillons extraits à l'hexane, qui représentent plus fidèlement l'essence contenue dans les feuilles, mais s'éloignent des produits hydrodistillés qui sont commercialisés (DEMARNE et al., 1984).

II- DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX

2.1. Systèmes de culture comparés

2.1.1. Choix d'un milieu représentatif

Les sols d'origine volcanique appartiennent tous à une série homogène qui se différencie selon les conditions climatiques liées à l'altitude (RAUNET, 1991). Les expérimentations sont conduites vers 1000 m d'altitude sur andosol non perhydraté recevant annuellement 1400 mm de pluie, avec une période sèche de mai à octobre et une température moyenne de 17 °C.

Les systèmes de culture comparés parfois depuis une décennie ont été mis en place pour la plupart après monoculture de géranium, ces conditions étant alors les plus représentatives dans le milieu paysan. En effet en 1983, les trois-quarts des planteurs cultivaient leur parcelle en monoculture (GARIN, 1987).

Une autre situation a été choisie : la rotation avec la canne à sucre, traditionnelle dans la partie basse de la zone de culture.

2.1.2. Dispositifs expérimentaux

La maîtrise de systèmes nouveaux, diversifiés, nécessite que la mise au point de systèmes de culture soit réalisée sur des unités de paysage représentatives, avec la participation effective des agriculteurs et des autres acteurs du développement (SEGUY, 1982 ; MICHELLON, BRIDIER, 1988).

L'évaluation agrotechnique et économique rigoureuse des propositions par rapport aux techniques traditionnelles est réalisée sur des dispositifs d'étude pérennisés, sur une intervalle de temps de l'ordre de 5 à 10 ans, nécessaire pour prendre en compte les variabilités climatiques et économiques.

Les différents systèmes de culture étudiés sont conduits sur des parcelles d'une superficie de 5 à 20 ares (500 à 2000 m²).

Sur chacune d'elles, différentes données agronomiques sont évaluées :

- les rendements des cultures, la distillation du géranium étant réalisée dans un alambic d'une capacité de 1000 l,
- l'incidence des parasites et maladies et l'évolution des adventices,

- les temps de travaux et leur pénibilité, ainsi que le coût des intrants, les marges obtenues,
- l'effet des accidents climatiques (pluies torrentielles, ...).

Les problèmes rencontrés dans chaque système sont résolus à partir d'essais thématiques permettant d'améliorer les itinéraires techniques et d'expliquer les phénomènes observés. La taille réduite des parcelles permet alors d'obtenir seulement des échantillons d'huile essentielle au laboratoire.

2.1.3. Systèmes de culture comparés

Les alternatives comparées comportent les systèmes de culture mis au point en sol nu (depuis plus de 30 ans) et de nouvelles propositions élaborées par la recherche (depuis 1988) dans un environnement protégé (tableau 1) :

- monoculture de géranium rosat, maintenue pendant un quart de siècle,
- systèmes diversifiés en sol nu avec cultures vivrières conduites en association ou en rotation avec le géranium,
- systèmes de gestion des sols et des cultures avec couverture végétale permanente :
 - . de graminées : kikuyu (*Pennisetum clandestinum*)
 - . et de légumineuse : lotier velu (*Lotus uliginosus*, variété tétraploïdes Maku) ou arachide pérenne (*Arachis pintoï*, variété Amarillo).

Pour disposer de matériel végétal suffisamment homogène, le cultivar "Rosé" de géranium rosat, *Pelargonium radens* x *capitatum*, a été choisi et prélevé chez des producteurs de boutures saines. Il est multiplié végétativement et sa densité est maintenue par remplacement annuel des plantes manquantes.

2.2. Distillations et analyses

Chez les *Pelargonium*, l'huile essentielle est localisée dans les vésicules des poils sécréteurs situés sur les feuilles. Les échantillons analysés par chromatographie en phase gazeuse sont distillés au laboratoire ou aux champs. Les conditions de prélèvements sont importantes car la composition de l'huile essentielle varie en fonction des conditions climatiques (HEUSS et al., 1969 ; YOSHIDA, 1969) et de l'altitude (MICHELLON, 1980).

2.2.1. Distillation au laboratoire

Seuls les bourgeons terminaux et les deux ou trois premières feuilles visibles sont prélevés en fin d'après-midi sur un grand nombre de pieds de même âge.

- Les échantillons de 500 g de feuilles environ sont distillés le matin suivant, par entraînement à la vapeur d'eau pendant 20 mn dans un alambic en verre.

Trois répétitions ont été réalisées les 25 et 27 mai, et 15 juin 1994.

- Avec les mêmes techniques de prélèvement, des tests préliminaires ont été réalisés par extraction à l'hexane, puis concentration de l'extrait sous vide partiel à 55 °C afin d'obtenir une concrète.

Systèmes de culture	Géranium en monoculture	Géranium avec vivrier associé	Géranium en rotation	Géranium avec couverture après rotation
Précédents culturaux	Géranium rosat en monoculture traditionnelle, système dégradé sédentarisé depuis 15 ans, puis à partir de 1983 :			
Itinéraire technique	Culture pure de géranium en sol nu	Géranium avec culture intercalaire en sol nu	Rotations avec cultures vivrières (haricot, maïs, pomme de terre) ou tabac pendant 3 à 5 ans, puis culture de géranium : en sol nu	avec couverture herbacée permanente
Entretien	Herbicides de pré et de post-levée associés aux sarclages			Herbicides de post-levée
Amendements et fumures	Amendements minéraux pour correction des carences effectués en 1983			
	Fumure minérale seule	Fumures organiques localisées régulièrement à chaque cycle de culture intercalaire ou en rotation et fumure minérale		

Tableau 1 : Les systèmes de culture comparés après monoculture de géranium

2.2.2. Distillation au champ

La coupe est réalisée sur des cultures bien installées. Elle consiste à rabattre à 2 ou 3 noeuds au sécateur, la presque totalité des branches de chaque plant, à l'exception de 2 à 3 tire-sève.

La matière verte coupée est laissée au champ dans l'inter-rang pendant 2 à 3 jours environ pour assurer son fanage

Puis elle est distillée pendant 2 heures environ dans un alambic à feu nu en acier inoxydable, d'une capacité de 1000 l, chargé de 250 à 300 kg.

Deux séries d'analyses ont été réalisées en saison sèche en juillet 1992 et mai-juin 1994.

III- CONDITIONS DE REALISATION

3.1. Systèmes de culture comparés

- **Les échantillons distillés au laboratoire** sont prélevés sur le terrain COCATRE (Trois-Bassins) sur les parcelles cultivées par MM. GASP ou BOURBON, après monoculture de géranium pendant 15 ans (MICHELLON, PERRET, ANSELLEM, 1994) :

- soit en sol nu :

- . monoculture, courbe XIX (depuis 25 ans),
- . cultures intercalaires, principalement de haricot, depuis 10 ans, courbe XIII,
- . rotations : 6 ans de géranium succédant à 4 ans de cultures vivrières et maraîchères, courbe V,

- soit dans des essais thématiques de gestion des couvertures associées au géranium, mis en place après rotation en sol nu :

- . kikuyu installé en 1989, courbe II (MICHELLON et al., 1994a),
- . lotier velu installé en 1990, courbe I (MICHELLON et al., 1994b),
- . arachide pérenne installée en 1992, courbe XVIII.

Les itinéraires techniques correspondants sont décrits dans le tableau 2 ; l'arachide pérenne étant installée par graines (15 kg par ha) ne nécessite pas de recours à un herbicide.

- **Les échantillons distillés au champ** se trouvent sur le terrain THEO, attenant au précédent, cultivé en géranium par MM. GILBOIRE et BOURBON

Pour l'ensemble des productions étudiées, trois modes de gestion principaux du sol sont comparés, avec ou sans apport de matière organique (SEGUY, MICHELLON, 1992) :

Opérations culturales	Monoculture en sol nu	Rotation ou intercalaire en sol nu	Couverture de kikuyu	Couverture de lotier
Préparation du terrain	Résidus de la culture précédente détruits au glyphosate (1000 à 1500 g/ha Sarclage manuel et mise en andains des adventices			
Préparation des boutures de géranium	Boutures traitées avec un mélange d'acide indol butyrique (à 0,1 %) et de captane (10 %) pour faciliter la rhizogenèse et la croissance des boutures			
Plantation des boutures	Manuelle à environ 0,8 x 0,5 m (50 000 boutures par ha). Plantation en fin de saison de pluies (avril à mai, puis remplacement annuel des plantes manquantes			
* Semis des couvertures ou de l'intercalaire		Semis du haricot dans un inter-rang sur deux à une intensité de 40 kg par ha	2 kg de semences/ha complétées par bouturage (1 bouture/m dans l'inter-rang)	3 à 6 kg par ha de semences inoculées et enrobées avec du phosphate naturel
Fertilisation (1)	650 kg par ha d'engrais ternaire 15-12-24 environ 2 mois après la plantation du géranium et en mars-avril lors des années suivantes			
		200 kg par ha de 10-20-20 et 3 t par ha de fumier localisés pour le haricot associé		
		Les apports de fumier (5 t par ha) ont été localisés à chaque cycle de culture en rotation		
Maîtrise de l'enherbement (et de la couverture vive) (2)	- Paraquat (400 g par ha) en dirigé, associé en culture pure à l'atrazine (1250 g/ha) en hiver ou au diuron (500 g/ha en été) - Sarclage manuel en mars-avril pour enfouissement de l'engrais		<u>Lutte contre les adventices</u> Atrazine (1000 g/ha en dirigé sur l'inter-rang en mars-avril)	Ioxynil (300 g par ha lors de l'installation du lotier) <u>Maîtrise des couvertures</u> En été : bentazone en dirigé sous le rang (200 g par ha) ou éventuellement atrazine (250 g par ha)
Lutte contre l'anthracnose	Captane (1600 g par ha) dès les premiers symptômes (novembre) renouvelé tous les 50 mm de pluie			
Lutte contre les insectes	Diméthoate ou deltaméthrine, ... lors de l'apparition des dégâts (<i>Cratopus humeralis</i>) en été			

Tableau 2 : Itinéraires culturaux suivis dans les différents systèmes de culture après monoculture de géranium (COCATRE)

* Sur les parcelles étudiées, le semis des couvertures a été effectué simultanément à la plantation de géranium. L'expérience montre qu'il est plus intéressant techniquement et économiquement, de planter le géranium dans une couverture déjà installée (réduction temps de travaux) en mettant les boutures pendant quelques jours en pépinière.

(1) FRITZ, 1973 ; MICHELLON, HEBERT, GARIN, 1986 ; MICHELLON, 1988 ; RAUNET, 1991 ; MICHELLON et al., 1994.

(2) DEJANTE, MICHELLON, VINCENT, 1991 ; TREMEL, 1992 ; MICHELLON et al., 1994.

- sol nu (courbes 8 et 10, ainsi que 3 prévue en lotier velu cultivar diploïde "France" qui ne s'est pas installé),
- couverture de kikuyu (courbes 9, 11 et 12),
- couverture de lotier velu Maku (courbes 4 et 5).

Le dispositif comporte en outre les couvertures considérées alors comme les plus prometteuses à la Réunion :

- graminées : *Axonopus affinis* (courbe 40), *Paspalum notatum* variété Pensacola (courbe 38), *Lolium perenne*, Ray grass Anglais Vigor (courbe 41),
- légumineuses : *Arachis pintoï*, arachide pérenne Amarillo (courbe 1), *Trifolium semipilosum*, trèfle du Kenya Safari (courbe 3).

Lors de la mise en place à la fin de l'année 1990, la culture de canne précédente a été détruite au glyphosate et les résidus ont été :

- soit mis en andains (cordons antiérosifs) en sol nu,
- soit conservés sur place pour constituer une première couverture morte. Les plantes de couverture ont ensuite été installées progressivement.

Le géranium a été bouturé en pépinière, et planté en septembre 1991, sans avoir intercalé de cycle de culture vivrière ou maraîchère entre la récolte de la canne et cette plantation, alors qu'il est conseillé de le faire pendant l'installation de la couverture (MICHELLON, DEJANTE, VINCENT, 1992).

3.2. Distillations

Les teneurs en huile essentielle des échantillons distillés au laboratoire, composés essentiellement de feuilles, ou au champ, avec feuilles et tiges fanées, sont données dans le tableau 3.

Mode de distillation	Teneur en huile essentielle exprimée en	Sol nu			Couverture de		
		Monoculture	Cultures intercalaires	Rotations	Kikuyu	Lotier	Arachide pérenne
Au laboratoire : mai-juin 1994	pour mille de la matière verte	3,2	2,4	3,8	3,1	2,5	3,4
	pourcentage de la matière sèche	1,6	1,3	1,9	1,6	1,0	1,7
Au champ : juillet 1992	pour mille de la matière verte		1,5*		1,4*	1,3	1,4
	pourcentage de la matière sèche		0,7*		0,6*	0,6	0,7
juin 1994	pour mille de la matière verte		1,4*	1,1	1,7*	1,6	1,3
	pourcentage de la matière sèche		0,5*	0,4	0,5*	0,6	0,5

Tableau 3 : Teneurs en huile essentielle du géranium selon le mode de distillation et de gestion du sol

Remarque : * parcelle en rotation avec la canne et culture intercalaire de haricot

3.3. Analyses

Les huiles essentielles sont analysées par chromatographie en phase gazeuse. Le chromatographe est équipé d'une colonne capillaire : HP 101 (50 m x 0,32 mm x 0,3 μ m) n° 144-17-10 en 1992, HP-1 (50 m x 0,2 mm x 0,33 μ m) n° 14-17-10 en 1993 ou n° 2269-02B-12F en 1994. Son détecteur à ionisation de flamme (FID) est couplé à un traceur-intégrateur. La polarisation de l'électrode collectrice est 250 V. Il utilise l'hélium comme gaz vecteur.

L'analyse est effectuée en température programmée : après une phase isotherme de 5 mn à 65 °C (utilisée seulement en 1992), la température croît linéairement à raison de 2 °C par mn de 65 à 305 °C, en 1992, ou de 70 à 280 °C à partir de 1993.

Les températures de l'injecteur et du détecteur sont respectivement de 250 °C et de 260 °C, en 1992, ou de 290 °C, à partir de 1993.

IV- CONDITIONS CLIMATIQUES

Les différentes distillations ont toujours été effectuées dans la période de mai à juillet en 1992, 1993 ou 1994. Il s'agit d'une période caractérisée par une faible pluviométrie et des températures peu élevées.

Année	Avril			Mai			Juin			Juillet		
	Pluviométrie (en mm)	Températures moyennes (en °C)		Pluviométrie (en mm)	Températures moyennes (en °C)		Pluviométrie (en mm)	Températures moyennes (en °C)		Pluviométrie (en mm)	Températures moyennes (en °C)	
		Mini	Maxi		Mini	Maxi		Mini	Maxi		Mini	Maxi
1992	20,4	15,4	24,1	69,6	14,5	22,7	12,5	12,7	20,8	11,9	11,3	19,4
1993	70,7	16,1	24,2	53,3	15,3	22,8	11,1	12,6	20,9	23,9	11,0	19,5
1994	41,8	16,1	24,6	23,5	14,5	22,7	21,0	12,1	20,8	14,6	11,7	20,7

Tableau 4 : Pluviométrie en mm et températures moyennes (minimales et maximales) en °C sur la station des Colimaçons (altitude : 800 m)

V- RESULTATS

Le procédé d'extraction des huiles essentielles de géranium influe sur la composition des produits obtenus. L'entraînement à la vapeur d'eau induit des réactions d'isomérisation ou de saponification sur les composés les plus labiles (DEMARNE, GUERERE, DURILLON, 1984). Nous devons donc séparer les modes d'extraction.

5.1. Extraction à l'hexane

Parmi la centaine de constituants identifiés sur les chromatogrammes, nous avons retenu les plus significatifs (seuil de 1 %) et les oxydes de rose. Nous avons aussi considéré la somme du linalol et du géranol, car sous l'action de la vapeur d'eau de ce dernier se transforme en linalol. (Le linalol, presque totalement absent des extraits hexaniques, représente plus de 10 % des huiles essentielles distillées au champ comme nous le verrons dans le paragraphe 5.3.).

Dans une série d'analyses préliminaires, nous avons considéré deux modes de gestion des sols et des cultures très contrastés (MICHELLON, PERRET, ANSELLEM, 1994) :

- monoculture de géranium depuis un quart de siècle, maintenue en sol nu par sarclage et traitement herbicide. Cette situation est la plus dégradée sur les plans de la fertilité, de l'aspect sanitaire du géranium (importance du flétrissement bactérien, des pourridiés, nématodes, dégâts d'insectes, ...), ...
- système de culture avec couverture permanente de légumineuse : le lotier velu qui restaure la fertilité, évite les sarclages, permet de réduire les pesticides (herbicides, insecticides car c'est une plante piège pour le *Cratopus humeralis*, ...), ...

Les concrètes obtenues sont peu différentes (tableau 5), avec surtout un taux très élevé en isomenthone pour l'association avec le lotier, cet excès n'étant pas apprécié par les parfumeurs.

	Sol nu en monoculture	Couverture de lotier
Alpha-pinène	0,2	0,1
(Z)-Béto-ociméne	0,2	0,2
Linalol	0,2	0,2
(Z) Oxyde de rose	0,2	0,3
(G) Oxyde de rose	0,1	0,1
Isomenthone	4,9	11,8
Citronellol	17,3	16,7
Pipéritone	1,5	1,8
Géraniol	26,4	24,3
(E)-Citral	2,2	2,3
Formiate de citronellyle	7,4	6,8
Formiate de Géranyle	10,2	9,3
Béto-bourbonène	1,2	0,9
Béto-caryophyllène	0,7	0,4
Gaïadiène 6-9	5,0	3,0
Alpha-humulène	1,2	1,0
Germacrène D	1,4	0,8
Tiglate de phényléthyle	0,8	0,9
Tiglate de géranyle	1,5	1,1
Géraniol + Linalol	26,6	24,6

Tableau 5 : Pourcentages des principaux constituants de la concrète hexanique du géranium conduit en monoculture depuis un quart de siècle ou avec une couverture de lotier (COCATRE, 28 avril 1993)

Un excès d'azote pourrait être incriminé car les apports de fumure minérale sont élevés et identiques pour les deux traitements, alors que le lotier contribuerait à enrichir le sol grâce à une fixation symbiotique de l'azote atmosphérique très efficace (MICHELLON, ANSELLEM, NARANIN, 1994). Des études ont été réalisées, en collaboration avec le Laboratoire de Physiologie et de Biochimie Végétales de l'Université de Caen, pour évaluer le transfert d'azote fixé par la légumineuse de couverture à la culture (par détermination de la variation d'abondance isotopique en ^{15}N sur spectromètre de masse). La fixation symbiotique par le lotier semblerait très active et une part très importante de cet azote serait transférée au géranium.

Cet excès d'azote peut être aisément réduit en supprimant la fumure azotée (économie de 100 unités par ha et par an). Mais ces modes de gestion des sols et des cultures mis en place dans les mêmes conditions édaphiques, recevant les mêmes fumures, ... modifient à moyen terme l'ensemble des composantes physiques, chimiques et biologiques de la fertilité (MICHELLON, PERRET, ANSELLEM, 1994). La composition de la plante apparaît alors significativement modifiée pour les macro-éléments : K, Ca, S, ... ou oligo-éléments : Fe, Cu, Zn, Bo, ... (tableau 6).

	Sol nu		Couverture	
	Monoculture	Rotation	Kikuyu	Lotier
<u>Macro-éléments en %</u>				
N	2,39	2,39	2,26	2,64
P	0,22	0,22	0,20	0,25
K	2,42	1,79	1,90	2,52
Ca	1,93	2,56	2,69	1,92
Mg	0,25	0,22	0,24	0,25
S	0,16	0,17	0,15	0,19
<u>Micro-éléments en ppm</u>				
Fe	161	126	118	65
Mn	80	82	78	96
Zn	25	25	32	27
Cu	5,4	6,2	4,4	6,4
Bo	33	42	40	34

Tableau 6 : Teneurs en éléments minéraux, en proportion de la matière sèche, du géranium selon le mode de gestion du sol et de la culture (COCATRE, 28 avril 1993)

Il importe donc de poursuivre ces investigations et d'évaluer l'impact de ces modifications sur des huiles essentielles obtenues par des procédés d'extraction proches de ceux des produits commercialisés.

5.2. Distillation au laboratoire

Pour restaurer la fertilité des sols dégradés par la monoculture du géranium, des solutions ont été proposées d'abord en sol nu grâce aux apports de matière organique nécessaires aux plantes vivrières ou maraîchères cultivées en rotation ou en association avec le géranium (MICHELLON, 1988).

En sol nu, la composition de l'huile essentielle semble relativement peu affectée par des cultures intercalaires lorsque le géranium est maintenu en permanence dans la parcelle (tableau 7). Seule la teneur en gaiadiène 6-9 augmenterait légèrement avec la culture intercalaire par rapport à la monoculture.

Constituant	Sol nu			Couverture de		
	Monoculture	Cultures intercalaires	Rotations	Kikuyu	Lotier	Arachide pérenne
Alpha-pinène	0,7	0,8	0,8	0,4	0,7	2,4
(Z)-Béta-ocimène	0,5	0,7	0,5	0,4	0,6	1,1
Linalol	4,6	5,6	6,1	4,9	5,0	5,0
(Z)-Oxyde de rose	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5
(E)-Oxyde de rose	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Isomenthone	8,2	8,8	4,4	7,4	8,6	4,4
Citronellol	18,0	16,0	18,9	19,5	17,7	16,7
Pipéritone	1,1	0,9	1,0	0,9	1,1	1,0
Géraniol	25,7	24,9	25,3	24,9	23,6	26,7
(E)-Citral	1,6	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
Formiate de citronellyle	9,0	9,1	9,5	8,1	8,5	8,0
Formiate de Géranyle	9,8	10,0	9,6	8,8	9,4	9,8
Béta-bourbonène	1,1	1,1	1,0	1,0	1,2	1,1
Béta-caryophyllène	0,8	0,8	1,0	1,0	0,9	1,0
Gaïadiène 6-9	4,9	5,7	5,8	5,5	5,3	5,2
Alpha-humulène	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,1
Germacrène D	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
Tiglate de phényléthyle	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0
Tiglate de géranyle	1,0	1,0	0,9	1,2	1,1	0,9
Géraniol + Linalol	30,3	30,5	31,4	29,8	28,6	31,7

Tableau 7 : Pourcentages des principaux constituants de l'huile essentielle de géranium produite dans des systèmes de culture destinés à restaurer les sols dégradés par la monoculture.
(Moyenne des trois séries de distillation au laboratoire, mai-juin 1994)

Les rotations seraient plus favorables puisque le taux d'isomenthone serait en outre sensiblement diminué, et la somme géraniol et linalol légèrement augmentée.

Ces systèmes de culture se sont généralisés chez les agriculteurs ces dernières années, mais ils maintiennent une érosion intense.

Grâce aux couvertures herbacées permanentes, il est possible de proposer des systèmes agricoles durables.

La composition des huiles essentielles évoluerait toujours favorablement avec une réduction des esters, comme le formiate de citronellyle, et de l'isomenthone pour l'arachide pérenne. La teneur en gaïadiène 6-9 resterait élevée, ainsi que la somme géraniol et linalol dans l'association avec l'arachide pérenne.

Avec cette couverture, le pourcentage d'alpha-pinène serait plus élevé qu'en sol nu. Mais cette observation ne se vérifie pas dans une nouvelle série d'analyses (tableau 8) réalisée pour un géranium cultivé en rotation avec la canne.

Les analyses minérales confirment que les teneurs en azote du géranium sont plus élevées avec une culture associée de légumineuse : haricot en culture intercalaire, lotier ou arachide pérenne en couverture du sol (tableaux 9 et 10). Avec la culture intercalaire, les teneurs en potassium et en cuivre sont augmentées : le haricot reçoit une fumure minérale complémentaire (N-P-K) et des traitements cupriques contre la graisse, *Pseudomonas phaseolicola*. Les teneurs en fer du géranium semblent supérieures en culture pure.

5.3. Distillation au champ

Au champ, il est plus difficile de disposer d'échantillons distillés dans des conditions rigoureusement identiques (jours différents, ...), et les chromatogrammes obtenus selon les modes de gestion des sols et des cultures semblent très semblables.

Nous retrouvons les améliorations observées sur les échantillons distillés au laboratoire (en comparant avec un témoin en sol nu avec rotation) :

- **pour des couvertures de graminées** (tableaux 11 et 12) avec pour le kikuyu :

- . conservation du gaïadiène 6-9 (comme pour le ray grass anglais),
- . mais avec des modifications moins favorables, telles que la réduction des alcools (linalol et citronellol) et une augmentation de l'isomenthone, ainsi que des esters (formiate de géranyle et parfois de citronellyle).

- **pour les couvertures de légumineuses** (tableaux 11 et 13) :

- . une amélioration des teneurs en alcool (géraniol + linalol et parfois citronellol),
- . une réduction des esters (formiate de citronellyle) ou leur conservation à un niveau peu élevé comme avec rotation,
- . et, en particulier avec l'arachide pérenne, le maintien d'un taux réduit en isomenthone et d'une teneur élevée en gaïadiène 6-9, comme avec une rotation, en sol nu.

	Sol nu (rotation)	Couverture d'arachide pérenne
Alpha-pinène	0,6	0,6
(Z)-Béta-ocimène	0,5	0,5
Linalol	4,4	4,9
(Z) Oxyde de rose	0,6	0,6
(E) Oxyde de rose	0,3	0,3
Isomenthone	8,4	8,8
Citronellol	17,3	18,5
Pipéritone	1,1	1,0
Géraniol	26,0	23,4
(E)-Citral	1,4	1,4
Formiate de citronellyle	7,9	8,6
Formiate de Géranyle	9,4	9,3
Béta-bourbonène	1,1	1,1
Béta-caryophyllène	0,8	0,8
Gaïadiène 6-9	4,6	4,8
Alpha-humulène	1,4	1,2
Germacrène D	1,2	1,1
Tiglate de phényléthyle	1,1	1,0
Tiglate de géranyle	1,1	1,0
Géraniol + Linalol	30,4	28,3

Tableau 8 : Pourcentages des constituants de l'huile essentielle de géranium en rotation avec la canne à sucre et recevant une fumure organique régulière (Distillations au laboratoire du 15 juin 1994 avec 2 répétitions pour l'arachide pérenne)

	Sol nu			Couverture		
	Monoculture	Cultures intercalaires	Rotation	Kikuyu	Lotier	Arachis
<u>Macro-éléments en %</u>						
N	1,91	2,47	1,66	1,84	2,43	2,47
P	0,18	0,21	0,16	0,21	0,21	0,20
K	2,39	2,84	2,29	2,55	2,28	2,48
Ca	2,43	2,35	2,38	2,16	2,06	2,32
Mg	0,23	0,23	0,18	0,36	0,20	0,26
<u>Micro-éléments en ppm</u>						
Fe	586	218	1238	295	220	297
Mn	123	84	105	186	135	209
Zn	32	33	23	29	28	32
Cu	10,4	69,8	7,1	8,9	7,8	8,5

Tableau 9 : Teneurs en éléments minéraux, en proportion de la matière sèche, du géranium selon le mode de gestion du sol et de la culture. (Echantillons moyens prélevés sur les trois séries distillées au laboratoire, mai-juin 1994)

	Sol nu : rotation	Couverture d'arachide pérenne
<u>Macro-éléments en %</u>		
N	1,95	2,08
P	0,20	0,21
K	2,47	2,69
Ca	2,94	2,43
Mg	0,22	0,26
<u>Micro-éléments en ppm</u>		
Fe	256	192
Mn	116	148
Zn	29	30
Cu	8,4	7,2

Tableau 10 : Teneurs en éléments minéraux, en proportion de la matière sèche, du géranium en rotation avec la canne à sucre. (Echantillons moyens prélevés sur les séries distillées au laboratoire le 15 juin 1994)

	Sol nu	Couverture de graminée				Couverture de légumineuse		
		Kikuyu	Ray grass anglais	<i>Paspalum notatum</i>	<i>Axonopus affinis</i>	Lotier	Arachide pérenne	Trèfle du Kenya
Alpha-pinène	0,9	1,0	1,0	0,7	1,0	0,8	0,5	0,7
(Z) bêta-ocimène	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
Linalol	11,0	9,9	11,4	9,5	9,4	10,5	10,2	10,7
(Z) oxyde de rose	0,9	1,2	1,0	0,9	1,1	0,8	0,7	0,8
(E) oxyde de rose	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2
Isomenthone	7,7	10,4	6,4	9,6	10,0	10,1	8,6	10,0
Citronellol	26,7	23,0	21,7	23,4	22,2	24,5	24,7	25,4
Géraniol	17,6	17,3	19,9	19,7	21,4	19,4	20,0	19,0
(E)-citral	2,0	2,2	1,6	1,5	2,2	1,9	1,8	2,1
Formiate de citronellyle	10,0	10,4	8,4	8,7	9,0	8,7	8,3	8,7
Formiate de géranyle	8,4	10,0	8,1	7,8	10,1	8,1	7,6	8,1
Bêta-bourbonène	0,5	0,6	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5
Bêta-caryophyllène	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Gaïadiène 6-9	6,5	6,2	6,6	5,4	5,2	5,7	5,9	6,0
Alpha-humulène	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4
Germacrène D	1,3	0,6	1,6	1,4	1,1	1,2	1,4	1,2
Tiglate de Phényléthyle	0,2	0,2	1,6	1,3	0,8	0,2	1,4	0,2
Géraniol + Linalol	28,6	27,2	31,3	29,2	30,8	29,9	30,2	29,7

Tableau 11 : Pourcentages des constituants de l'huile essentielle de géranium en rotation avec la canne et associé à différentes couvertures herbacées permanentes (Distillations des 21, 22 et 24 juillet 1992)

	Sol nu	Couverture de kikuyu
Alpha-pinène	0,7	1,2
(Z)-Béto-ocimène	0,5	0,7
Linalol	10,6	7,9
(Z) Oxyde de rose	0,6	1,0
(E) Oxyde de rose	0,2	0,4
Isomenthone	5,3	9,3
Citronellol	20,8	18,7
Pipéritone	0,5	0,8
Géraniol	20,7	18,7
(E)-Citral	0,6	1,0
Formiate de citronellyle	7,4	9,8
Formiate de Géranyle	5,1	8,0
Béto-bourbonène	1,2	1,2
Béto-caryophyllène	1,0	0,9
Gaïadiène 6-9	6,8	6,3
Alpha-humulène	1,5	1,1
Germacrène D	0,6	0,8
Tiglate de phényléthyle	1,3	0,9
Tiglate de géranyle	1,1	0,8
Géraniol + Linalol	31,3	26,6

Tableau 12 : Pourcentages des constituants de l'huile essentielle de géranium en rotation avec la canne à sucre et associé à une couverture de kikuyu. (Distillations le 19 mai 1994)

	Sol nu	Couverture de	
		Lotier	Arachide pérenne
Alpha-pinène	0,7	0,8	0,6
(Z)-Béto-ociméne	0,6	0,7	0,6
Linalol	7,4	8,3	7,1
(Z) Oxyde de rose	1,0	1,4	1,0
(E) Oxyde de rose	0,4	0,6	0,4
Isomenthone	9,5	11,8	9,8
Citronellol	18,3	21,0	20,1
Pipéritone	0,8	1,0	0,9
Géraniol	18,8	18,6	20,0
(E)-Citral	1,0	1,2	1,2
Formiate de citronellyle	8,1	9,4	8,7
Formiate de Géranyle	7,6	7,9	7,8
Béto-bourbonène	1,3	1,1	1,1
Béto-caryophyllène	0,8	0,7	0,7
Gaïadiène 6-9	5,5	4,0	4,8
Alpha-humulène	1,6	0,8	1,2
Germacrène D	0,6	0,6	0,7
Tiglate de phényléthyle	1,2	0,5	0,9
Tiglate de géranyle	1,0	0,3	0,7
Géraniol + Linalol	26,2	26,9	27,1

Tableau 13 : Pourcentages des constituants de l'huile essentielle de géranium rosat en rotation avec la canne et associé à des couvertures de légumineuses. (Distillations des 22 et 23 juin 1994)

VI- CONCLUSIONS

Sous jachère, la monoculture du géranium a conduit à la chute de sa production et à une extrême dégradation du milieu.

Grâce à la diversification des cultures en sol nu, et surtout à des modes de gestion du sol avec couverture herbacée permanente, plus économes en intrants et aux travaux moins pénibles, il est possible de reconstruire des systèmes agricoles durables, plus attractifs économiquement.

Ces outils biologiques restaurent l'ensemble des propriétés du milieu, améliorent la production des cultures, leur état sanitaire, ...

Leur qualité apparaît modifiée, et en particulier l'huile essentielle du géranium rosat. Des différences olfactives sont perçues au champ, mais ces observations restent subjectives (différences liées à des teneurs variables, à l'ensoleillement du bourgeon, ...). La composition de l'essence obtenue par entraînement à la vapeur d'eau au laboratoire ou au champ semble améliorée par les rotations ou les couvertures de légumineuses, en particulier l'arachide pérenne.

Pour ces espèces, il y apparaît nécessaire de supprimer la fertilisation azotée pour éviter les excès, car une part importante de l'azote atmosphérique fixé par la légumineuse serait transférée au géranium rosat.

DEMARNE F., MICHELLON R.

avec la contribution technique de **ANSELLEM Y.**

BIBLIOGRAPHIE

- C.A.H., 1992 : Le géranium rosat à la Réunion. C.A.H. éd., Saint-Denis, Réunion, 105 p.
- DEJANTE P., MICHELLON R., VINCENT G., 1991 : Essai d'herbicides sur légumineuses de couverture. CIRAD-Réunion, fiche n° 1, 19 p. + annexes.
- DEMARNE F., 1989 : L'amélioration variétale du "Géranium rosat" (*Pelargonium* sp.). Contribution systématique, caryologique et biochimique. Université de Paris-Sud/CIRAD. Thèse, 250 p.
- DEMARNE F., 1992 : La qualité Bourbon des huiles essentielles de la Réunion, p. 103-105. In : Le géranium rosat à la Réunion.
- DEMARNE F., GUERERE M., DURILLON M., 1984 : Intérêt de la chromatographie en phase gazeuse des extraits hexaniques pour la sélection des *Pelargonium* à parfum. L'Agronomie Tropicale, 39-4, p. 346-349.
- DEMARNE F., MICHELLON R., ANSELLEM Y., 1994 : Documents annexes à la fiche d'essai CIRAD-Réunion n° 8 : Influence du mode de gestion du sol sur la qualité de l'huile essentielle de géranium rosat, 216 p.
- FRITZ J., 1973 : Effet de la fertilisation azotée sur la production du géranium rosat. L'Agronomie Tropicale XXXI, 4, p. 369-374.
- GARIN P., 1987 : Systèmes de culture et itinéraires techniques dans les exploitations à base de géranium dans les Hauts de l'Ouest de la Réunion. L'Agronomie Tropicale 42 (4), p. 289-300.
- HEUSS A., KAPETANIDIS I., MIRIMANOFF A., 1969 : Etude par chromatographie en phase gazeuse de l'huile essentielle d'un géranium rosat (*Pelargonium x asperum*, EHRHART ex WILLDENOW). Plantes médicinales et phytothérapie 3, 1, p. 28-43.
- MARIOTTI A., 1952 : Culture du géranium : test de fumure et d'écartement. Informations agricoles DDSA Réunion n° 5, p. 9-22.
- MICHELLON R., 1980 : Influence de l'altitude sur le comportement et la composition de l'huile essentielle de géranium rosat. IRAT-Réunion n° 11, 20 p.
- MICHELLON R., 1988 : Systèmes de culture dans les sols andiques, p. 95-111. In : Les andosols de l'île de la Réunion. CIRAD, C.N.R.S., I.N.R.A., ORSTOM, Université, Séminaire de Saint-Denis, 24 mai au 1er juin, 231 p.
- MICHELLON R., 1992 : Les systèmes de culture, p. 15-22. In : Le géranium rosat à la Réunion.
- MICHELLON R., ANSELLEM Y., NARANIN L., 1994 : Réduction des fumures grâce aux légumineuses de couverture. Fiche CIRAD-CA Réunion, 10 p + annexes.
- MICHELLON R., BRIDIER B., 1988 : Evolution d'un programme de recherche sur les systèmes d'exploitation des Hauts de l'Ouest de la Réunion. L'Agronomie Tropicale 43 (4), p. 317-325.

- MICHELLON R., DEJANTE P., VINCENT G., 1992 : Implantation de couvertures en association avec des cultures vivrières. Aspects techniques et économiques. CIRAD-Réunion n° 1, 23 p. + annexes.
- MICHELLON R., DEJANTE P., VINCENT G., NATIVEL R., 1994 : Gestion d'une couverture de kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) associée au géranium rosat. CIRAD-CA Réunion n° 3, 41 p. + annexes.
- MICHELLON R., HEBERT A., GARIN P., 1986 : Test par les agriculteurs de nouvelles techniques de culture du géranium dans les Hauts de l'Ouest. IRAT-Réunion n° 24, 16 p. + annexes.
- MICHELLON R., PERRET S., 1994 : Gestion des sols et des cultures avec couverture végétale. CIRAD-Réunion. Rapport d'une recherche financée par le Ministère de la Recherche et de la Technologie.
- MICHELLON R., PERRET S., ANSELLEM Y., 1994 : Modes de gestion écologique des sols et systèmes de culture à base de géranium dans les Hauts de l'Ouest de l'île de la Réunion. CIRAD-Réunion, en préparation.
- MONEGAT C., 1991 : Plantas de cobertura do solo : características e manejo em pequenas propriedades. Chapeco, Brésil, Monegat ed., 337 p.
- RAUNET M., 1991 : Le milieu physique et les sols de l'île de la Réunion. Conséquence pour la mise en valeur agricole. CIRAD de la Réunion, Région Réunion, 428 p.
- SALOMON-AUMONT B., 1980 : Influence du facteur édaphique sur la production de terpènes par *Pelargonium x asperum* Ehrh. ex Willd. Thèse Université de Genève, 168 p.
- SEGUY L., 1982 : Mise au point de modèles de systèmes de production en culture manuelle à base de riz pluvial utilisables par les petits producteurs de la région de Cocaïs au Maranhao. Nord-Est du Brésil. Etat de Maranhao. L'Agronomie Tropicale, vol. 37, (3), p. 233-261.
- SEGUY L. et al., 1993 : Os sistemas de culturas ara a região do médio norte do Mato Grosso. Recomendacões técnicas. CIRAD, C.L., Rhodia, Brésil, 58 p.
- SEGUY L., MICHELLON R., 1992 : Protocoles d'expérimentation sur les modes de gestion du sol avec couverture végétale. CIRAD-Réunion, 12 p.
- TREMEL L., 1992 : La lutte contre les mauvaises herbes, p. 63-67. In : Le géranium rosat à la Réunion.
- YOSHIDA T., 1969 : On characteristics and some problems in cultivation of *Pelargonium* species. Japan Agricultural Research Quaterly 4, 3, p. 23-26.